

ANALISA KEKUATAN IMPACT PADA ALUMINIUM 6061 DENGAN VARIASI LAPISAN SERAT KARBON APLIKASI KERANGKA MOBIL LISTRIK

ANALYSIS OF IMPACT STRENGTH ON ALUMINUM 6061 WITH VARIOUS CARBON FIBER LAYERS FOR ELECTRIC CAR FRAMEWORK APPLICATIONS

Sigit Dwi Lesmana⁽¹⁾, Muliandi⁽²⁾, Delima Yanti Sari⁽³⁾, Andril Arafat⁽⁴⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

sigitdeel@gmail.com

muliantihendrik@gmail.com

delimayanti@yahoo.com

arafat@ft.unp.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan material aluminium 6061 diberi perlakuan pelapisan serat karbon dengan variasi ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 7 mm menggunakan metode uji *impact charpy*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini hanya berfokus pada kekuatan material, di luar pada analisis struktur kekuatan rangka mobil *prototype* sehingga diharapkan dapat dijadikan bahan kajian atau informasi untuk dunia kerja dan memberikan informasi yang positif untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu bahan. Hasil dari pengujian *impact* yaitu aluminium dengan lapisan 3 mm sebesar 0,26 joule/mm², nilai ini turun dari pada aluminium tanpa lapisan sekitar 0,29 joule/mm². Selanjutnya aluminium dengan lapisan 5 mm sebesar 0,23 joule/mm², nilai ini turun dari pada aluminium tanpa lapisan dan aluminium dengan lapisan 3 mm sekitar 0,32 joule/mm² dan 0,03 joule/mm². Turunnya nilai harga *impact* disebabkan oleh kurangnya lekatan dari serat karbon terhadap aluminium. aluminium dengan lapisan 7 mm sebesar 0,45 joule/mm², dan aluminium tanpa lapisan sebesar 0,55 joule/mm². Melihat dari hasil pengujian bahwa dengan melakukan penambahan lapisan serat karbon terhadap pelat aluminium dengan tebal 3 mm dapat meningkatkan nilai energi terserap. Dari hasil analisa yang dilakukan dapat diketahui aluminium dengan lapisan 5 mm dapat digunakan sebagai bahan dari kerangka mobil listrik. Karena nilai energi terserap yang hampir mendekati dengan nilai energi terserap pada aluminium tanpa lapisan dan juga aluminium dengan lapisan 5 mm memiliki keuletan yang rendah dari aluminium tanpa lapisan untuk mencegah terjadinya retakan awal.

Kata kunci : Komposit, Kerangka Mobil, Aluminium 6061, Serat Karbon, Uji *Impact Charpy*

Abstract

This study aims to analyze the strength of the 6061 aluminum material given a carbon fiber coating treatment with a thickness variation of 3 mm, 5 mm, and 7 mm using the charpy impact test method. The method used in this research is the experimental method. This research only focuses on the strength of the material, apart from analyzing the strength structure of the prototype car frame so that it is expected to be used as study material or information for the world of work and provide positive information for the development of science, especially materials science. The results of the impact test are aluminum with a layer of 3 mm of 0.26 joules / mm², this value is lower than that of aluminum without layers of about 0.29 joules / mm². Furthermore, aluminum with a layer of 5 mm is 0.23 joules / mm², this value is lower than that of aluminum without layers and aluminum with a layer of 3 mm of about 0.32 joules / mm² and 0.03 joules / mm². The decrease in the value of the impact is due to the lack of adhesion of the carbon fiber to the aluminum. aluminum with a layer of 7 mm of 0.45 joules / mm², and aluminum with a layer of 0.55 joules / mm². Judging from the test results that adding a layer of carbon fiber to an aluminum plate with a thickness of 3 mm can increase the value of energy absorbed. From the results of the analysis carried out it can be seen that aluminum with a layer of 5 mm can be used as a material for an electric car frame. Because the absorbed energy value is almost close to the absorbed energy value in uncoated aluminum and also aluminum with a layer of 5 mm has a lower ductility than uncoated aluminum to prevent initial cracking.

Keywords : Composite, Car Framework, Aluminum 6061, Carbon Fiber, Charpy Impact Test

I. Pendahuluan

Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) mendorong peningkatan setiap individu untuk berpikir dan berperan di dalamnya (Nurdin et al., 2018). Salah satu perkembangan IPTEK yaitu pada kendaraan mobil dengan tenaga listrik sebagai sumber tenaga (Nofri, 2019). Mobil listrik memiliki banyak kelebihan, tidak hanya mengurangi konsumen penggunaan bahan bakar tetapi juga ramah lingkungan yang menjadi perhatian besar dalam perubahan iklim dan pemanasan global (Purwadi et al., 2013). Sehingga salah satu upaya untuk menanggulangnya yaitu mengadakan kontes mobil hemat energi.

Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) merupakan kontes perlombaan mobil irit bahan bakar yang diikuti oleh seluruh mahasiswa di Indonesia. KMHE memiliki beberapa kontes kategori salah satunya adalah kategori mobil listrik *prototype* (Howlander et al., 2014)(KMHE, 2020). Mobil *prototype* merupakan mobil dengan menggunakan 3 buah roda pada kontes KMHE dan desain dari kerangka mobil *prototype* yang dibuat sesuai standar dan keselamatan pengendara yang tercantum pada aturan regulasi perlombaan tersebut (KMHE, 2020). Mobil listrik *prototype* pada umumnya menggunakan struktur rangka jenis *ladder frame* dan menggunakan bahan logam berat salah satunya material baja St 37 yang menyebabkan mobil menjadi lebih berat dan boros dalam penggunaan energi (Nofri, 2019). Prinsip utama dalam pembuatan rangka adalah kuat, ringan dan kokoh. Semakin ringan kerangka kendaraan semakin kecil kerja dari mesin sehingga pemakaian bahan bakar menjadi sedikit (Sugiyanto, 2014).

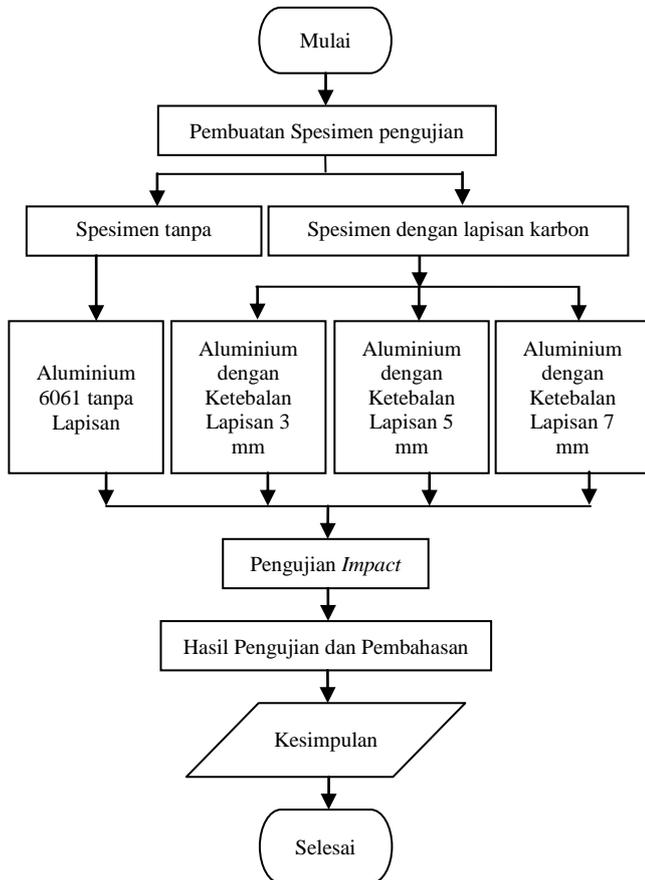
Adapun langkah untuk mendapatkan material yang ringan, maka dilakukan pergantian material menggunakan aluminium 6061. Aluminium 6061 digunakan dalam mobil, pesawat terbang, kelautan, aplikasi biomedis dan industri konstruksi karena sifat mekanik dan ketahanan korosi yang efektif (Demir & Gündüz, 2009)(Burger et al., 1995)(Troeger & Starke, 2000). Akan tetapi pergantian material dirasa akan mengurangi kenyamanan dan keamanan, karena aluminium dikenal lebih rendah kekuatannya dari logam berat.

Salah satu cara untuk menambah kekuatan dari aluminium adalah dengan melakukan pemberian pelapisan pada permukaan aluminium. Pelapisan yang dilakukan adalah dengan menggunakan lapisan komposit serat karbon CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Plate*). (Nofri, 2020)(MatWeb & LLC, 2020). Pelat CFRP jika diletakkan pada bagian bawah suatu material maka akan memiliki struktur yang bersama menerima pembebanan (Pangestuti & Handayani, 2009). Cara untuk mengukur

ketangguhan material adalah dengan pengujian *impact*. Ketangguhan material yang diperoleh dengan pengujian *impact* menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen (Suyanto, 2015). Tujuan pada penelitian ini menganalisis kekuatan material aluminium 6061 yang dilapisi dengan serat karbon dengan ukuran spesimen yang bervariasi menggunakan metode uji *impact charpy*. Penelitian ini hanya berfokus pada kekuatan material, di luar pada analisis struktur kekuatan rangka mobil *prototype* sehingga diharapkan dapat dijadikan bahan kajian atau informasi untuk dunia kerja dan memberikan informasi yang positif untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu bahan.

II. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Eksperimen digunakan untuk mencari pengaruh variasi ketebalan lapisan serat karbon yaitu 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dengan arah serat 90° dan 45° terhadap ketebalan pelat aluminium 6061 yaitu 3 mm yang telah ditampilkan diagram alur penelitian pada gambar 1. Pengujian yang digunakan yaitu pengujian *impact charpy* dengan alat *impact testing machine*. Alat *impact testing machine* yang digunakan ini terdapat di laboratorium material dan metrologi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

A. Spesimen

Spesimen pengujian yang digunakan adalah aluminium 6061 dengan variasi lapisan serat karbon. Material aluminium 6061 T651 memiliki komposisi kimia yang ditunjukkan pada tabel 1 dan lapisan spesimen serat karbon dengan spesifikasi ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimia Aluminium 6061 T651 (AZoM.com Ltd, 2013)

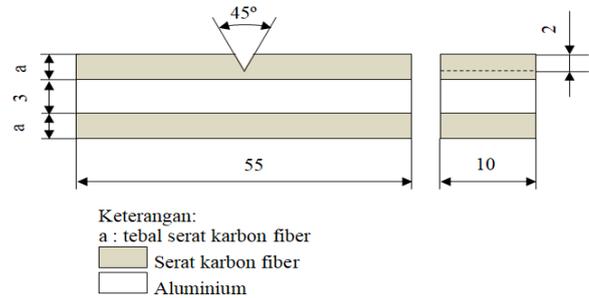
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
0.05-0.066	0.26-0.27	0.18-0.19	0.07	1.0	0.05	0.11	0.07-0.08

Tabel 2. Spesifikasi Serat Karbon (MatWeb & LLC, 2020)

Type	3K Carbon Multifilament Continuous Tow
Material	Carbon Fiber
Weave Patern	2x2 Twill
Weight	6,7oz / 200gsm
Yorn Size	3K
Thickness	0,2 mm

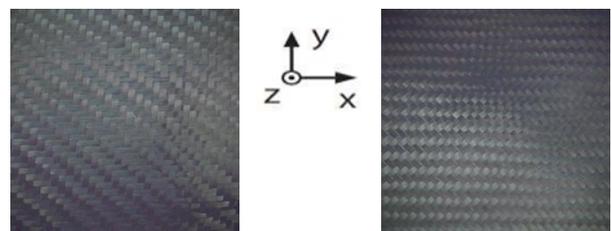
Spesimen disesuaikan dengan ukuran standar pada pengujian *impact charpy* ASTM D 5942-96 (gambar

3). Spesimen aluminium dengan lapisan serat karbon dibuat dengan variasi ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dan masing-masing variasi ketebalan dibuat sebanyak 3 spesimen dan spesimen aluminium tanpa pelapisan sebanyak 3 spesimen.



Gambar 2. Ukuran Spesimen uji Impact Charpy dengan standar ASTM D 5942-96 (Putranto, 2011)

Pada proses pembuatan spesimen, aluminium dipotong dan disesuaikan pada ukuran yang telah ditentukan pada gambar 3. Setelah itu pelat aluminium dilapisi serat karbon yang telah di potong sesuai arah sudut dan ukuran, Pelapisan serat karbon dilakukan pada kedua sisi aluminium yaitu bagian atas dan bagian bawah. Cara melapisi serat karbon terhadap permukaan aluminium yaitu dengan melakukan pengamplasan pada permukaan agar serat dapat melekat kuat dan peletakkan arah serat karbon yaitu 90° dan 45° (gambar 3).



Gambar 3. Pemotongan Serat dengan sudut 90° dan 45°

Peletakan yang dimaksud adalah pelapisan bersilang yang pertama arah serat 90° dan pelapisan kedua arah serat 45° dan seterusnya hingga ketebalan serat mencapai ukuran spesimen pada masing-masing bagian. Tujuan pelapisan serat karbon dengan arah bersilang lebih kuat jika dibandingkan dengan pelapisan serat karbon dengan satu arah saja (Lokantara, 2012). Kemudian cairan perekat lapisan yang digunakan yaitu resin jenis *Yukalac C-108 B* dan dicampur dengan katalis untuk mempercepat pengerasan resin dengan perbandingan 100 : 1.

B. Pengujian Impact

Pengujian *impact* dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing spesimen dimana spesimen memiliki 4 variasi pelapisan yang diuji dengan *Impact Charpy*

machine. Uji *impact Charpy* merupakan pengujian untuk menentukan kekuatan suatu bahan terhadap beban kejut. Pada pengujian *Impact* spesimen diletakkan pada posisi mendatar (horizontal) dengan arah pembebanan berlawanan arah pada takikkan. Cara kerja mesin pengujian *impact* adalah dengan mengayunkan pendulum untuk memukul benda yang akan diuji kekuatannya hingga benda uji mengalami perpatahan. Pendulum pada mesin pengujian *impact* metode *charpy* memiliki jari – jari pendulum 0,8 m dan massa 22 Kg. sudut pendulum yang digunakan sebelum di ayunkan sebesar 140°. Spesifikasi mesin dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi mesin Uji *Impact*

Tipe	<i>Impact Charpy</i>
Kapasitas	300J
Berat Pendulum	22Kg
<i>Speed</i>	5,26m/s
Radius	800mm
<i>Drop Angle</i>	140°

Hasil dari pengujian *impact* berupa energi yang terserap (E) oleh benda uji dinyatakan dalam satuan joule. Untuk menentukan nilai energi yang terserap (E) berat pendulum (W) dikali panjang lengan pendulum (R) dan kalikan dengan hasil pengurangan dari nilai cosinus sudut akhir pendulum (β) setelah mematahkan spesimen dan cosinus sudut awal pendulum (α) sebelum mematahkan spesimen (persamaan 1). Setelah menentukan nilai energi yang terserap maka selanjutnya menentukan nilai harga *impact* (HI) dengan cara nilai energi yang terserap (E) dibagi dengan luas penampang spesimen (A) (persamaan 2). Terakhir mencari nilai rata-rata (*mean*) dari energi yang terserap (E) dan harga *impact* (HI) yaitu jumlah seluruh nilai dibagi dengan banyaknya data (persamaan 3) (Bondan T, 2010).

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$HI = \frac{\bar{E}}{A}$$

$$\text{Nilai rata – rata (mean)} = \frac{\text{jumlah seluruh nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

III. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini menggunakan mesin uji *impact* dengan metode *charpy* dan menggunakan mesin uji dari PT. metapoly Engineering. Mesin uji ini memiliki sudut pendulum yaitu sudut 140°, Pendulum mempunyai jari-jari 0,8 m dan massa 22 kg. Suhu spesimen menyesuaikan pada suhu ruangan (*room Temperature*) dan proses pengujian sampel membutuhkan waktu 10 menit. Dalam penelitian dilakukan beberapa pengujian *impact* yaitu:

aluminium tanpa pelapisan dengan tebal 10 mm dan aluminium dengan tebal 3 mm yang dilapisi serat karbon. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besar energi yang terserap saat mematahkan benda uji *impact*, kemudian untuk mencari nilai harga *impact* benda uji *impact* tersebut.

1. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium tanpa Pelapisan

Hasil pengujian *impact* pada benda uji aluminium tanpa pelapisan dengan tebal 10 mm, didapat data dari ayunan pendulum yang memiliki sudut saat sebelum dan sesudah mematahkan benda uji yang ditunjukkan pada *dial* (piringan angka). Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus-rumus untuk pengujian *impact*, maka didapatkan data benda uji *impact* aluminium tanpa pelapisan seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium Tanpa Lapisan

Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Sudut		Energi Terserap (joule)	Harga <i>Impact</i> (joule/mm ²)
				α	β		
1	10	8	80	140°	122°	40,77	0,51
2	10	8	80	140°	122°	40,77	0,51
3	10	8	80	140°	118°	51,21	0,64
Rata-rata						44,25	0,55

Hasil dari bentuk perpatahan yang terjadi pada benda uji aluminium tanpa lapisan setelah mengalami pengujian, Terlihat bahwa perpatahan yang terjadi pada benda uji mengalami patah getas seperti pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Bentuk Patahan Benda Uji Aluminium tanpa Lapisan

2. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan Lapisan 3 mm

Hasil pengujian *impact* pada benda uji aluminium dengan lapisan 3 mm, didapat data dari ayunan pendulum yang memiliki sudut saat sebelum dan sesudah mematahkan benda uji yang ditunjukkan pada *dial* (piringan angka). Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus-rumus untuk pengujian *impact*, maka didapatkan data benda uji *impact* aluminium dengan lapisan 5 mm seperti ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan Lapisan 3 mm

Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Sudut		Energi Terserap (joule)	Harga <i>Impact</i> (joule/mm ²)
				α	β		
1	10	7	70	140°	133°	14,51	0,21
2	10	7	70	140°	130°	21,28	0,30
3	10	7	70	140°	131°	18,99	0,27
Rata-rata						18,26	0,26

Data pengujian menunjukkan bahwa aluminium dengan lapisan 3 mm memiliki energi terserap lebih rendah daripada benda uji aluminium tanpa pelapisan. Perpatahan yang terjadi pada benda uji berbentuk patah ulet. Gambar 5 berikut ini menggambarkan bentuk perpatahan yang terjadi pada benda uji aluminium dengan lapisan 3 mm setelah mengalami pengujian.

**Gambar 5.** Bentuk Patahan Benda Uji Aluminium dengan Lapisan 3 mm

3. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan lapisan 5 mm

Pengujian *impact* pada benda uji aluminium dengan lapisan 5 mm, didapat data dari ayunan pendulum yang memiliki sudut saat sebelum dan sesudah mematahkan benda uji yang ditunjukkan pada *dial* (piringan angka). Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus-rumus untuk pengujian *impact*, maka didapatkan data benda uji *impact* aluminium dengan lapisan 5 mm seperti ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan Lapisan 5 mm

Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Sudut		Energi Terserap (joule)	Harga <i>Impact</i> (joule/mm ²)
				α	β		
1	10	11	110	140°	127°	28,36	0,26
2	10	11	110	140°	128°	25,96	0,24
3	10	11	110	140°	129°	23,61	0,21
Rata-rata						25,98	0,23

Data dari tabel pengujian diatas menunjukkan bahwa nilai energi yang terserap saat mematahkan benda uji aluminium dengan lapisan 5 mm lebih rendah dari benda uji aluminium tanpa lapisan. Namun nilai harga *impact* lebih rendah dibandingkan dengan

aluminium dengan lapisan 3 mm. ini disebabkan berkurangnya lekatan serat terhadap aluminium. Gambar 6 berikut ini menggambarkan bentuk perpatahan yang terjadi pada benda uji aluminium dengan lapisan 5 mm setelah mengalami pengujian.

**Gambar 6.** Bentuk Patahan Benda Uji Aluminium dengan Lapisan 5 mm

4. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan lapisan 7 mm

Pengujian *impact* pada benda uji aluminium dengan lapisan 7 mm, didapat data dari ayunan pendulum yang memiliki sudut saat sebelum dan sesudah mematahkan benda uji yang ditunjukkan pada *dial* (piringan angka). Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus-rumus untuk pengujian *impact*, maka didapatkan data benda uji *impact* aluminium dengan lapisan 7 mm seperti ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Impact* Aluminium dengan Lapisan 7 mm

Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Sudut		Energi Terserap (joule)	Harga <i>Impact</i> (joule/mm ²)
				α	β		
1	10	15	150	140°	124°	35,71	0,24
2	10	15	150	140°	119°	48,56	0,32
3	10	15	150	140°	94°	120,22	0,80
Rata-rata						68,16	0,45

Data dari tabel pengujian menunjukkan bahwa nilai energi yang terserap saat mematahkan benda uji aluminium dengan lapisan 7 mm lebih tinggi daripada aluminium tanpa pelapisan dan aluminium dengan lapisan 3 mm maupun 5 mm. Tetapi nilai harga *impact* lebih rendah dibandingkan dengan benda uji aluminium tanpa lapisan. Sehingga dapat diketahui bahwa aluminium dengan lapisan 7 mm memiliki kekuatan yang lebih besar dari benda uji aluminium tanpa lapisan dan lebih ulet dibandingkan dengan benda uji aluminium tanpa lapisan. Namun ketebalan telah melebihi dari aluminium tanpa pelapisan. Gambar 7 berikut ini menggambarkan bentuk perpatahan yang terjadi pada benda uji *impact* aluminium dengan lapisan 7 mm setelah mengalami pengujian.



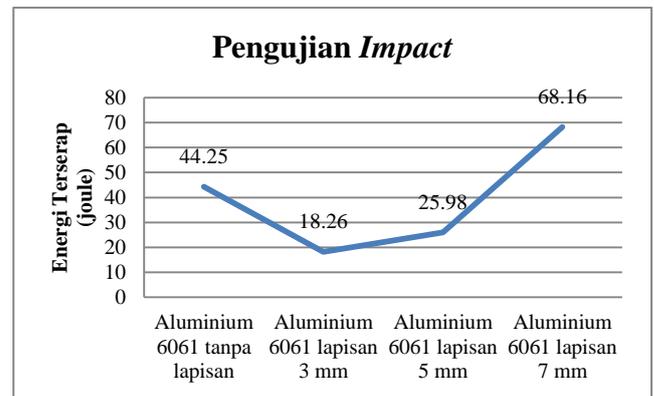
Gambar 7. Bentuk Patahan Benda Uji Aluminium dengan Lapisan 7 mm

Penjelasan untuk mengetahui nilai pengujian *impact* pada benda pengujian, Tabel 8 berikut akan menunjukkan nilai rata-rata energi terserap dan nilai rata-rata harga *impact* pada benda yang telah diuji, yaitu aluminium tanpa lapisan dan aluminium dengan lapisan.

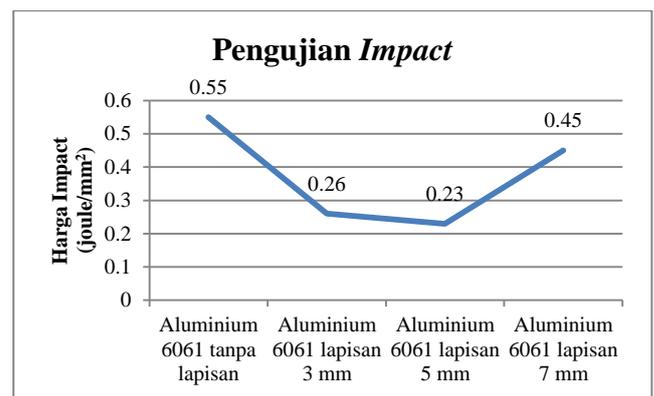
Tabel 8. Energi Terserap dan Harga *Impact* Rata-rata

Ekperimen	No. Spesimen	Energi Terserap (Joule)	Harga <i>Impact</i> (joule/mm ²)
Aluminium tanpa lapisan	1	40,77	0,51
	2	40,77	0,51
	3	51,21	0,64
Rata-Rata		44,25	0,55
Aluminium 6061 lapisan 3 mm	1	14,51	0,21
	2	21,28	0,30
	3	18,99	0,27
Rata-Rata		18,26	0,26
Aluminium 6061 lapisan 5 mm	1	28,36	0,26
	2	25,96	0,24
	3	23,61	0,21
Rata-Rata		25,98	0,23
Aluminium 6061 lapisan 7 mm	1	35,71	0,24
	2	48,56	0,32
	3	120,22	0,80
Rata-Rata		68,16	0,45

Penjelasan data pada tabel diatas akan disajikan dalam bentuk grafik. Gambar 8 berikut ini akan memperlihatkan grafik nilai rata-rata energi terserap dari benda yang telah diuji. Sedangkan pada gambar 9 memperlihatkan grafik yang menjelaskan nilai rata-rata harga *impact* dari benda yang telah diuji.



Gambar 8. Grafik yang Terserap terhadap Ketebalan Lapisan



Gambar 9. Grafik Harga *Impact* Terhadap Ketebalan Lapisan.

5. Analisa Berdasarkan Data Hasil Pengujian *Impact*

Berdasarkan hasil pengujian *impact* bahwa dengan melakukan penambahan lapisan serat karbon terhadap pelat aluminium dengan ketebalan 3 mm dapat meningkatkan nilai energi yang terserap. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata energi yang terserap pada aluminium dengan ketebalan lapisan 5 mm hampir mendekati nilai pada benda uji aluminium tanpa lapisan dengan tebal 10 mm. Tetapi dengan dilakukannya pengurangan tebal pada aluminium dan dilapisi serat karbon dapat mengurangi nilai harga *impact* dari benda uji tersebut karena berkurangnya momen inersia (kekakuan) pada struktur benda. Benda uji yang dilakukan pelapisan terlihat juga mengalami *debonding* (lepasnya lekatan antara lapisan serat karbon dengan aluminium). Kemungkinan besar terjadinya peristiwa ini disebabkan oleh kurangnya pelekatan serat karbon dengan aluminium. Daya lekat dipengaruhi oleh kekasaran material sehingga semakin kasar suatu bahan, maka koefisien gesekan akan tinggi. Benda uji dengan lapisan serat karbon juga berbentuk patah ulet, benda uji tidak terbelah menjadi dua bagian melainkan hanya mengalami bengkok. Hal tersebut disebabkan karena beban dari pendulum tidak terdistribusikan secara merata keseluruh lapisan.

Benda uji telah lepas dari pencekam alat uji sebelum beban besar terdistribusikan ke seluruh lapisan. Tetapi serat karbon dapat menahan terjadinya patah pada aluminium. Sehingga dalam penerapan pada kerangka mobil bisa dilakukan dengan melakukan pelapisan serat karbon untuk mencegah terjadinya retakan

IV. Kesimpulan

Hasil pengujian *impact* dapat diambil kesimpulan bahwa aluminium dengan lapisan 7 mm mempunyai energi terserap paling tinggi, sedangkan energi terserap paling rendah terjadi pada aluminium dengan lapisan 3 mm. Melihat dari hasil pengujian bahwa dengan melakukan penambahan lapisan serat karbon terhadap pelat aluminium dengan tebal 3 mm dapat meningkatkan nilai energi terserap.

Peningkatan energi terserap dipengaruhi oleh ketebalan fraksi serat, meskipun kinerja serat karbon belum bekerja maksimal. Dari hasil analisa yang dilakukan dapat diketahui aluminium dengan lapisan 5 mm dapat digunakan sebagai bahan dari kerangka mobil listrik. Karena nilai energi terserap yang hampir mendekati dengan nilai energi terserap pada aluminium tanpa lapisan dan juga aluminium dengan lapisan 5 mm memiliki keuletan yang rendah dari aluminium tanpa lapisan untuk mencegah terjadinya retakan awal. Pada pengujian mekanik untuk kegetasan yang tertinggi terjadi pada aluminium 6061 tanpa pelapisan dan untuk keuletan benda uji yang paling rendah terdapat pada aluminium 6061 dengan lapisan 5 mm.

Referensi

Ary, A. K., Prabowo, A. R., & Imaduddin, F. (2020). Structural Assessment of an Energy-Efficient Urban Vehicle Chassis using Finite Element Analysis – A Case Study. *Procedia Structural Integrity*, 27(2019), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.07.010>

AZoM.com Ltd. (2013). *Aluminium Alloy 6061 - Composition, Properties, Temper and Applications of 6061 Aluminium*. Online. <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=3328>

Bondan T, S. (2010). *Pengantar Material Teknik* (1st ed.). Salemba Teknika.

Burger, G. B., Gupta, A. K., Jeffrey, P. W., & Lloyd, D. J. (1995). Microstructural control of aluminum sheet used in automotive applications. *Materials Characterization*. [https://doi.org/10.1016/1044-5803\(95\)00065-8](https://doi.org/10.1016/1044-5803(95)00065-8)

Demir, H., & Gündüz, S. (2009). The effects of aging

on machinability of 6061 aluminium alloy. *Materials and Design*, 1480–1483. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.08.007>

Howlader, A. H., Chowdhury, N. A., Faiter, M. M. K., Touati, F., & Benammar, M. A. (2014). Development of energy efficient battery electric car for Shell Eco-Marathon competition - Qatar University experience. *2014 9th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*. <https://doi.org/10.1109/EVER.2014.6844148>

KMHE. (2020). *Petunjuk Pelaksanaan Kontes Mobil Hemat Energi*. <https://kmhe2020.ui.ac.id/juklak-kmhe-2020/>

Lokantara, I. P. (2012). Analisis Kekuatan Impact Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volume Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(1), 47–54. <https://doi.org/10.29303/d.v2i1.111>

MatWeb, & LLC. (2020). *Fibre Glast 1069 3K, 2x2 Twill Weave Carbon Fiber Fabric*. Online. <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=bdf5952843d44ccd9ba75dd192ffd768&cck=1>

Nofri, M. (2019). Analisis Ketangguhan antara Baja st 37 dan st42 dengan Ketebalan dan Variasi Lapisan Karbon Fiber untuk Kerangka Mobil Listrik. *Presisi*, 56–65.

Nofri, M. (2020). Analisis Perubahan Sifat Mekanik AL 6063 Setelah Dilakukan Heat Treatment pada Temperatur Tetap dengan Waktu Tahan yang Bervariasi. *Bina Teknika*, 16(1), 35–42.

Nurdin, H., Fernanda, Y., & Handayani, M. (2018). Analysis of Tensile Strength the Fiber Bagasse Particles Board with Resin Adhesives. *Teknomekanik*. <https://doi.org/10.24036/tm.v1i1.172>

Pangestuti, E., & Handayani, F. (2009). Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Plate Sebagai Tulangan Eksternal Pada Struktur Balok Beton. *Media Teknik Sipil*.

Purwadi, A., Dozeno, J., & Heryana, N. (2013). Simulation and Testing of a Typical On-board Charger for ITB Electric Vehicle Prototype Application. *Procedia Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.283>

Putranto, B. (2011). Perancangan Alat Uji Impak

Charpy untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alam (Natural Fiber). In *Perancangan Alat Uji Impact Charpy untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alam (Natural Fiber)* (Vol. 3). Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Sugiyanto, D. (2014). Studi Tentang Fenomena Collapse dan Buckling pada Rangka Bodi Mobil. *ROTASI*.
<https://doi.org/10.14710/rotasi.16.4.17-27>

Suyanto, S. (2015). Analisa Ketangguhan Komposit Aluminium Berpenguat Serbuk SiC. *Simetris : Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*.
<https://doi.org/10.24176/simet.v6i1.239>

Troeger, L. P., & Starke, E. A. (2000). Microstructural and mechanical characterization of a superplastic 6xxx aluminum alloy. *Materials Science and Engineering A*.
[https://doi.org/10.1016/s0921-5093\(99\)00543-2](https://doi.org/10.1016/s0921-5093(99)00543-2)